Acta Botanica Mexicana 94: 91-123 (2011)

PISOS DE VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE CATORCE Y TERRITORIOS CIRCUNDANTES (SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO)

Joaquín Giménez de Azcárate[1], Onésimo González Costilla[2]

[1]Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Botánica, Escuela Politécnica Superior, E-27002 Lugo, España. joaquin.gimenezdeazcarate@usc.es
[2]Universidad de Matehuala S.C., División de Estudios de Posgrado, Cuauhtémoc 201, 78700 Matehuala, San Luis Potosí, México.

RESUMEN

Se realizó una caracterización de los pisos de vegetación reconocidos a lo largo del gradiente actitudinal en la Sierra de Catorce y zonas aledañas, en la porción meridional del Desierto Chihuahuense (Estado de San Luis Potosí, México). Para ello se efectuó la diagnosis de las principales unidades de vegetación, utilizando el enfoque fitosociológico, y la interpretación de los resultados bioclimáticos obtenidos a partir de los datos de las estaciones meteorológicas analizadas y de las extrapolaciones efectuadas. En el territorio considerado se han reconocido los bioclimas Tropical Xérico y Tropical Pluviestacional. En el primer caso se presentan los pisos Termotropical Semiárido, Mesotropical Semiárido, Mesotropical Seco y Supratropical Seco. En el Tropical Pluviestacional sólo se presenta de forma puntual el piso Supratropical Subhúmedo. Para cada una de estas situaciones se acompañan datos de la composición, distribución cliserial y diagnosis bioclimática de su vegetación natural potencial correspondiente (diferentes comunidades arbóreas y arbustivas), y se señalan los bioindicadores más representativos de cada situación.

Palabras clave: altiplano, bioclimatología, bioindicadores, cliseries, comunidades vegetales, México, San Luis Potosí.

ABSTRACT

The vegetation belts on the slopes of the Sierra de Catorce and surrounding areas in the southern Chihuahuan Desert (State of San Luis Potosi, Mexico) were recognized. The major units of vegetation were studied from a phytosociological point of view and bioclimatic

data results from weather stations were analysed and extrapolated. The Tropical Xeric and Tropical Pluviseasonal bioclimates were characterized in the area. Of the first one the Semi-arid Thermotropical, the Semi-arid Mesotropical, the Dry Mesotropical, and the Dry Supratropical belts are present. Of the second bioclimate, only the Subhumid Supratropical belt is punctually present. The description of each of these belts is accompanied by data on composition, cliserial distribution and bioclimatic diagnosis of the corresponding potential natural vegetation (diferent forest and scrub communities) and the most representative biomarkers of each situation are indicated.

Key words: bioclimatology, bioindicators, cliseries, high plateau, Mexico, plant communities, San Luis Potosí.

INTRODUCCIÓN

Enclavada en el altiplano Potosino-Zacatecano, al sur del Desierto Chihuahuense, la Sierra de Catorce constituye un escenario privilegiado para poner en práctica la metodología europea de análisis bioclimático de la vegetación. Ello es así debido a su marcado gradiente altitudinal, a la altura de sus cumbres (las más altas de dicho desierto), y a su situación biogeográfica en el sureste de la Región Xerofítica-Mexicana, próxima a la Sierra Madre Oriental (Rzedowski, 1978).

La utilización conjunta de los índices bioclimáticos y de los datos fitosociológicos de campo constituye una herramienta de gran utilidad para establecer la relación entre los valores del clima y los modelos de distribución de la vegetación y de sus discontinuidades fitocenóticas, explicadas a través del modelo de zonación altitudinal de los pisos bioclimáticos. Esta relación se basa en el establecimiento de unos determinados parámetros que constituyen el marco de referencia de la realidad biológica reconocible, que son los pisos de vegetación. La compartimentación del espacio físico de un territorio se fundamenta en el concepto de piso bioclimático, definido por cada uno de los diferentes niveles o cinturas establecidos a lo largo de un gradiente altitudinal, y que se corresponden con unos valores discriminantes de parámetros climáticos sencillos de temperatura y precipitación (Termotipos y Ombrotipos). Con base en estas premisas se ha venido desarrollando desde hace más de dos décadas un modelo bioclimático global (Rivas-Martínez, 2007) que permite la equiparación de los ecosistemas vegetales de diferentes territorios a partir de los datos climáticos de las estaciones meteorológicas y de la información fitocenótica generada en cada territorio. De entre las diferentes aplicaciones realizadas en el continente americano

destacan las efectuadas en territorios de los U.S.A y Canadá (Peinado et al., 1994a; 1997; Rivas-Martínez, 1997; Rivas-Martínez et al., 1999), Andes argentinos (Roig et al., 2007), Andes peruanos (Galán de Mera et al., 2003) Andes venezolanos (Costa et al., 2007), Chile (Amigo y Ramírez, 1998; Luebert y Pliscoff, 2006), Bolivia (Navarro y Maldonado 2002), entre otras. La aplicación en México de este enfoque conceptual ha tenido escasa repercusión debido, entre otros factores, a los criterios tradicionalmente seguidos en el análisis y clasificación de la vegetación, basados en una diagnosis fisionómica-ecológica apoyada en sus correspondientes tipos y subtipos climáticos (Aubréville, 1962; Miranda y Hernández X., 1963; González Quintero, 1974; Rzedowski, 1978; Anónimo, 2001; González Medrano, 2003).

Durante los últimos diecisiete años varios autores han aplicado dicho enfoque bioclimático en distintos territorios de la República; destacan los efectuados por Peinado et al. (1994b) y Delgadillo (1995) en la Península de Baja California y en el suroeste de Estados Unidos; los de Rivas-Martínez (1997) y Rivas-Martínez et al. (1999) en los territorios fronterizos del norte de México y sur de Estados Unidos, el de Barber et al. (2001) en la Península de Yucatán y los efectuados en diferentes sierras y volcanes del Eje Neovolcánico Transversal (Almeida et al. 2004; G. Azcárate et. al., 1997; G. Azcárate y Escamilla, 1999; Escamilla et al., 1998, 2002; G. Azcárate et al., 2003). Finalmente cabe señalar las contribuciones de Rivas-Martínez (2004) y G. Azcárate et al. (1999) relacionadas con la diagnosis bioclimática del país.

En el presente estudio se aborda la repercusión que el fenómeno de zonación altitudinal de la vegetación tiene en comunidades climatófilas; ello ha permitido el reconocimiento preciso, objetivo y recíproco de los espacios ligados a las unidades bioclimáticas (bioclimas, termotipos y ombrotipos) y el de sus correspondientes fitocenosis (pisos de vegetación). Los datos e información obtenidos constituyen una información de referencia a tener en cuenta en otros territorios de la Región Xerofítica-Mexicana, de cara al uso de las comunidades vegetales y de las plantas como bioindicadores climáticos.

CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO

La región de estudio se sitúa en el cuadrante suroriental del Desierto Chihuahuense, en su porción fisiográfica correspondiente al Altiplano Mexicano o Central (Raisz, 1959; Rzedowski, 1978; Medellín, 1982), e incluye la Sierra de Catorce y sus planicies y piedemontes adyacentes. Está delimitada por las coordenadas extremas 23º y 24º N, y 100º30' y 101º30' O (Fig. 1). Desde el punto

de vista fitogeográfico estos territorios se incluyen en la Provincia Florística de la Altiplanicie, Región Xerofítica-Mexicana del Reino Neotropical (Rzedowski, 1978; Rzedowski y Reyna-Trujillo, 1990). Administrativamente, la mayor parte del área se encuentra en el estado de San Luis Potosí -municipios de Catorce, Cedral, Charcas, Matehuala, Vanegas, Villa de la Paz y Villa de Guadalupe-, aunque también se han recopilado datos de campo en las entidades vecinas de Zacatecas y Nuevo León.

El territorio considerado forma parte de la región hidrológica -o bolsón- del Salado, una de las vertientes interiores más importante del país, constituida por un conjunto de cuencas endorreicas interconectadas entre sí (Morafka, 1977). A grandes rasgos se reconocen dos unidades geomorfológicas: la planicie o bajío y la

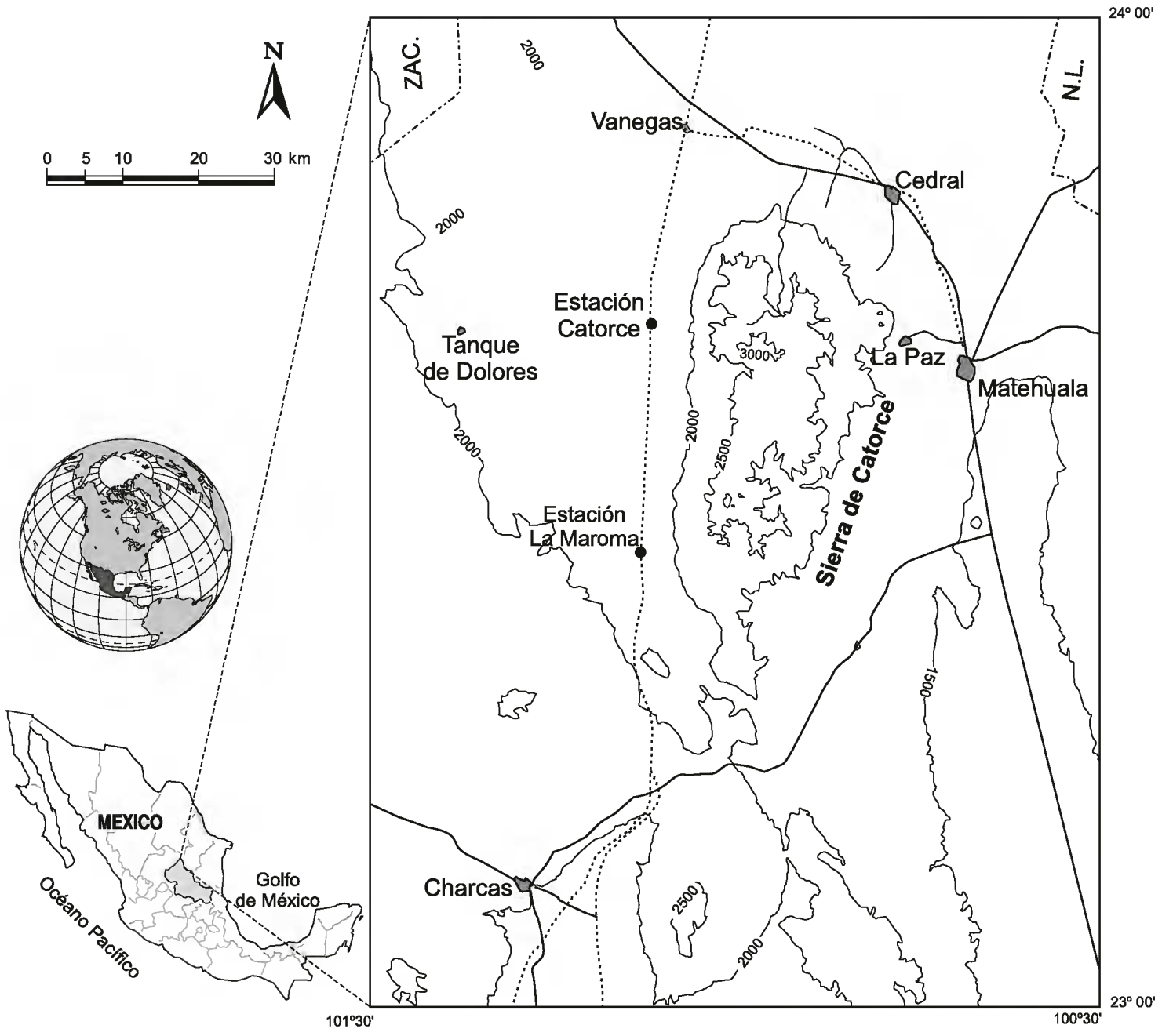

Fig. 1. Localización del área de estudio.

sierra; ambas se diferencian por el tipo de proceso que las originaron. En la primera, dominan los del tipo acumulativo-denudativos que conformaron diferentes unidades de rango menor como abanicos, piedemontes, llanuras y lomeríos. En la sierra, los procesos erosivos son responsables de una dinámica geomorfológica activa que ha formado un complejo sistema de laderas y valles intermontanos con diferentes formas y pendientes; ello se manifiesta en una marcada asimetría de vertientes, siendo la occidental más escarpada y rectilínea que la oriental, más sinuosa. Las geoformas originadas constituyen relieves montañosos con disposición variable (González Costilla, 2006). La litología del territorio está condicionada principalmente por el relieve; la porción montañosa está dominada por rocas mesozoicas de origen sedimentario -calizas, lutitas y areniscas-, mientras que las planicies endorreicas están recubiertas por material aluvial cuaternario de grosor variable (Anónimo, 2002).

Los procesos edafogenéticos que inciden en los suelos de la región se encuentran retardados debido a lo restrictivo de las condiciones climáticas y a una topografía en muchos casos adversa. Por tanto, la mayoría de los suelos son poco evolucionados y bastante pobres en materia orgánica, predominando los xerosoles en las zonas de la planicie, y los regosoles y leptosoles en las laderas de la sierra. En menor medida se presentan rendzinas, castañozems, solonchaks y fluvisoles.

La región está sometida a un régimen macroclimático de tipo Tropical con presencia de una corta estación de lluvias en los meses de verano (junio a septiembre). La posición latitudinal y altitudinal del territorio, su situación geográfica en el interior continental, su régimen de temperaturas con valores promedio mensuales con poca oscilación y un régimen de precipitaciones estivales condicionado por la entrada de los alisios, constituyen los factores que determinan los rasgos climáticos de la región. De forma particular cabe destacar el efecto Föhn de sombra de lluvias en la vertiente occidental de la Sierra (sotavento).

Desde un punto de vista climático la zona de estudio se integra en la Región Norte (García et al. 1990). Dada la implantación de la clasificación de Köppen (1936) modificada para México por García (2004), se enlistan seguidamente los tipos y subtipos climáticos presentes en el territorio:

1. Grupos de climas secos o áridos -BS, BW-, con lluvias escasas e irregulares preferentemente de verano. Se reconocen los siguientes subtipos:

- BS_1kw: Semiseco templado, con verano cálido y con porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2 ºC, temperatura media anual ente 12 y 18 ºC, temperatura del mes más cálido mayor que 18 ºC y temperatura del mes más frío entre -3 y 18 ºC.

- BS_1kw(x'): Semiseco templado, con verano cálido y con porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 °C, temperatura media anual entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más cálido mayor que 18 °C y temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C.

- BS_1(h')hw'(e): Semiseco semicálido, con porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2, con temperatura media anual mayor de 22 °C, temperatura media del mes más frío menor de 18 °C, con canícula interestival y extremoso.

- BS_1hw'(e): Semiseco semicálido con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, con temperatura media anual de 18 a 22 °C, la del mes más frío menor de 18 °C, extremoso.

- BS_0kw'(e): Seco templado con lluvias escasas coincidentes con el verano cálido y con porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, con temperatura media del mes más cálido entre 12 y 18 °C y con temperatura media del mes más frío entre -3 y 18 °C, y extremoso.

- BS_0kx': Seco templado con lluvias escasas todo el año, con un porcentaje de lluvia invernal mayor a 18 °C, invierno cálido, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C.

- BS_0kw(x'): Seco templado con lluvias escasas coincidentes con el verano cálido y con porcentaje de precipitación invernal mayor de10.2; temperatura media anual entre 12 y 18 °C, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18 °C y temperatura del mes más cálido mayor de 18 °C.

- BS_0kw (x'): Seco templado de verano fresco, con porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 °C, con temperatura media anual entre 12 y 18, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C.

- BS_0hx': Seco semicálido con lluvias escasas todo el año, invierno fresco y con porcentaje de precipitación invernal mayor de 18.

- BWkw: Desértico templado con lluvias muy escasas durante el verano cálido, porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, temperatura media anual entre 12 y 18 °C y temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C.

2. Grupo de climas templados -C-, subhúmedos, con invierno seco, temperaturas medias anuales entre los 12 °C y los 18 °C, y temperaturas del mes más frío entre los -3 °C y los 18 °C. Los subtipos reconocidos son:

- C (w_0(x')): Templado subhúmedo, con lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 °C.

- C(E)(w_1): Semifrío subhúmedo con lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal menor de 5.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la diagnosis bioclimática se recopilaron datos de 27 estaciones meteorológicas utilizadas como referencia, situadas tanto en la zona de estudio como en territorios vecinos. De ellas, trece se localizan en San Luis Potosí, seis en Zacatecas, cinco en Nuevo León, dos en Coahuila y una en Tamaulipas. Dicha información se obtuvo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Anónimo, 2006). Para cada una de ellas se consideraron aspectos relacionados con su ubicación geográfica (latitud, longitud y altitud), y los datos climáticos básicos habituales de temperatura y precipitación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización y caracterización climática de las estaciones meteorológicas. Acrónimos empleados: Lat/Long: Latitud/Longitud; Alt: Altitud; T: Temperatura media anual; P: Precipitación media anual; NL: Nuevo León; SLP: San Luis Potosí; Zac: Zacatecas; Coah: Coahuila; Tamps: Tamaulipas.

Estación	Lat/Long	Alt (m)	Nº años P/T	T (ºC)	P (mm)
Aguas Blancas (NL)	25º30'100º26'	2690	14/27	13.5	569.1
Cedral (SLP)	23°48'100°44'	1800	54/60	17.2	402.3
Conc. del Oro (Zac)	24º37'101º24'	2070	30/30	16.7	442.1
Coyotillos (SLP)	23°17'101°12'	2180	23/23	14.8	344.6
Dr. Arroyo (NL)	23º40'100º11'	1766	29/29	18.3	516.8
El Carmen (SLP)	23º22' 100º33'	1355	20/20	20.6	364
El Huizache (SLP)	22º56'100º28'	1250	25/25	20.8	377.6
El Refugio (NL)	24º30'100º32'	1908	29/29	15.8	235.4
Gómez Farías (Coah)	24º58'101º03'	1920	19/19	17.5	405.7
La Cardoncita (SLP)	23º33'101º14'	2100	20/20	16.2	253.9
La Maroma (SLP)	23°29'100°59'	1940	36/36	17.6	350.9
La Victoria (SLP)	23°37'101°23'	2150	22/20	15.7	300
Laguna Seca (SLP)	23º19'100º57'	2020	22/22	15.9	442.9
Las Hormigas (Coah)	24º50'100º50'	2110	17/16	16	434.4
Matehuala (SLP)	23º40'100º39'	1677	73/73	19.3	486.2
Mesillas (Zac)	23º55'103º34'	2240	22/22	15.9	456.2
Mier y Noriega (NL)	23º25'100º07'	1681	35/52	19.7	514
Palo Blanco (SLP)	23º08'100º36'	1300	33/35	19.8	294.5

Continuación. Cuadro 1.

Estación	Lat/Long	Alt (m)	Nº años P/T	T (ºC)	P (mm)
Sn. Benito (Zac)	23º54'101º44'	2000	27/29	17.1	329.8
Sn. José Coronado (SLP)	23º35'100º55'	2240	22/22	15.7	400.5
Sn. Tiburcio (Zac)	24º05'101º29'	1890	27/29	17.1	329.8
Sta. Ma. del Refugio (SLP)	23º46'100º14'	1961	35/35	16.9	306
Sta. Ana (NL)	24º07'100º25'	1680	20/20	19.5	365.1
Sierra Hermosa (Zac)	23º39'101º43'	2155	24/24	14.9	352.8
Tula (Tamps)	23º00'99º44'	1160	47/47	20.1	409
Vanegas (SLP)	23°52'100°57'	1735	34/34	17.4	301.8
Villa García (Zac)	22º09'101º57'	2400	43/41	16.2	440.6

Con base en dichos valores se aplicaron los índices más importantes contenidos en la clasificación de Rivas-Martínez (2007). Asimismo se consideraron las aportaciones que, siguiendo este enfoque metodológico, se han efectuado en diferentes zonas del país (Delgadillo, 1995; Peinado et al., 1994b; Rivas-Martínez et al., 1999; G. Azcárate et al., 1999; G. Azcárate y Escamilla, 1999; G. Azcárate et al., 2003; Almeida et al., 2004). Mediante el programa Bioclima (Alcaraz, 2006) se efectuaron los análisis y confección de los bioclimogramas de las estaciones de referencia. Los parámetros e índices básicos utilizados en la diagnosis bioclimática son:

- Ti: Temperatura media mensual, siendo i = 1,2,…12.
- m_i: Temperatura media mensual de las mínimas.
- M_i: Temperatura media mensual de las máximas.
- m: Temperatura media de las mínimas del mes más frío.
- M: Temperatura media de las máximas del mes más frío.
- Tp: Temperatura positiva anual.
- P_i: Precipitación media mensual.
- Pp: Precipitación positiva anual.
- It: Índice de termicidad: Es la suma en décimas de grado de T (temperatura media anual), m (temperatura media de las mínimas del mes más frío) y M (temperatura media de las máximas del mes más frío). It = (T + m + M) 10.
- Io: Índice ombrotérmico: Resulta del cociente entre la precipitación positiva anual (Pp), en mm, y la temperatura positiva anual (Tp), en décimas de ºC, multiplicada por diez. Si todos los meses del año tienen una temperatura media superior a

cero grados, como es el caso de las estaciones consideradas en este trabajo, el valor de Tp se obtiene multiplicando la temperatura media anual - expresada en décimas de grado - por doce. Tp = Tm x 12. Por lo mismo el valor de la Pp coincide con el de la precipitación media anual (P). Así tenemos que Io = 10 x (P/Tm x 12).

- Ic: Índice de continentalidad: Expresa la diferencia en grados centígrados entre la temperatura media del mes más cálido (Tmax) y la del más frío (Tmin) del año, es decir, el intervalo o contraste medio anual de la temperatura. Ic = (Tmax – Tmin).

Para establecer la reciprocidad de los pisos bioclimáticos con sus correspondientes unidades de vegetación se procedió a la identificación de las comunidades que constituyen el contenido biótico de dichos pisos. Para su caracterización se ha seguido el método fitosociológico de la escuela sigmatista de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979) integrando las premisas y conceptos del análisis dinámico catenal del paisaje (Alcaraz, 1996; Géhu, 1991; Géhu y Rivas-Martínez, 1982; Rivas-Martínez, 1976; 1987; 1994; 1997; Rivas-Martínez et al. 1999; Theurillat, 1992). Así, con base en criterios fisonómicos de la vegetación, y la posición de ésta en el paisaje, se efectuaron seis campañas de campo durante los años 2000 a 2005 en las cuales se realizaron cerca de 200 inventarios fitosociológicos. Para este trabajo se utilizaron 73 inventarios representativos de los diferentes tipos de vegetación potencial. Para la elección de las áreas a muestrear se siguió el criterio de área mínima de superficies florísticamente homogéneas (Westhoff y Maarel, 1980).

En la identificación de la flora se utilizó el Manual de Plantas Vasculares de Texas (Correll y Johnston, 1970), la Flora del Desierto Chihuahuense (Henrickson y Johnston, 2004) y la Flora de Coahuila (Villarreal, 2001). Como resultado de dichas exploraciones botánicas se publicó recientemente una flórula del territorio (González Costilla et al., 2007), misma que se ha seguido para los taxones aquí citados. El material recolectado e identificado está depositado en el Herbario del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

La terminología geobotánica utilizada para la caracterización y diagnosis de la vegetación sigue las propuestas y postulados de Rivas-Martínez (2007); en este sentido se adjunta un glosario sintético al final del trabajo (Anexo 1). El análisis, relación de cercanía y arreglo sintaxonómico de los diferentes grupos jerárquicos que conforman la vegetación del territorio están siendo tratados en un trabajo más amplio. Los nombres dados a las comunidades que conforman la potencialidad del territorio son provisionales y están pendientes de su revisión y efectiva publicación, misma que validará las asociaciones fitosociológicas que aquí son tratadas como comunidades. Pese a ello se ha considerado oportuno identificar las especies diagnósticas obtenidas del análisis

comparativo entre grupos y presentar descripciones sucintas y comentarios relativos a su composición, distribución y condiciones ecológicas.

RESULTADOS

Con base en los datos climatológicos referidos anteriormente se han obtenido los valores de los parámetros e índices de referencia que han permitido la caracterización bioclimática de las estaciones seleccionadas (Cuadro 2). Considerando además su altitud y ubicación geográfica, se ha establecido la diagnosis bioclimática y la correspondiente disposición catenal de la vegetación potencial del territorio. Así, con base en los valores obtenidos de It e Io se identificaron los termotipos y los ombrotipos representados y sus correspondientes cesuras altitudinales. En la figura 2 se muestran los diagramas bioclimáticos de cuatro estaciones meteorológicas representativas del territorio.

Cuadro 2. Parámetros, índices y adscripción bioclimática de las estaciones consideradas. Tp: Temperatura positiva; Pp: Precipitación positiva; It: Índice de termicidad; Io: Índice ombrotérmico.

Estación	Tp	Pp	It	Io	Termotipo y horizonte	Ombrotipo y horizonte
Aguas Blancas (NL)	1620	569.1	313	3.51	Supratropical inferior	Seco superior
Sierra Hermosa (Zac)	1788	352.8	329	1.98	Mesotropical superior	Semiárido superior
Coyotillos (SLP)	1856	344.6	345	1.94	Mesotropical superior	Semiárido superior
Mesillas (Zac)	1908	456.2	366	2.40	Mesotropical superior	Seco inferior
El Refugio (NL)	1896	235.4	369	1.24	Mesotropical superior	Semiárido inferior
Laguna Seca (SLP)	1908	442.9	374	2.32	Mesotropical superior	Seco inferior
Las Hormigas (Coah)	1920	434.4	374	2.26	Mesotropical superior	Seco inferior
La Victoria (SLP)	1784	300	380	1.59	Mesotropical superior	Semiárido superior
Conc. del Oro (Zac)	2014	442.1	382	2.21	Mesotropical superior	Seco inferior

Continuación. Cuadro 2.

Estación	Tp	Pp	It	Io	Termotipo y horizonte	Ombrotipo y horizonte
Villa García (Zac)	1944	440.6	388	2.26	Mesotropical superior	Seco inferior
Sn. José Coronado (SLP)	1884	400.5	393	2.12	Mesotropical superior	Seco inferior
Sn. Tiburcio (Zac)	2052	329.8	393	1.60	Mesotropical superior	Semiárido superior
Sn. Benito (Zac)	2016	324.2	395	1.61	Mesotropical superior	Semiárido superior
Cedral (SLP)	2064	402.3	398	1.95	Mesotropical inferior	Semiárido superior
La Cardoncita (SLP)	1944	253.9	402	1.31	Mesotropical inferior	Semiárido inferior
Gómez Farías (Coah)	2100	405.7	407	1.93	Mesotropical inferior	Semiárido superior
Sta. Ma. del Refugio (SLP)	2028	306	411	1.51	Mesotropical inferior	Semiárido superior
Vanegas (SLP)	2088	301.8	416	1.44	Mesotropical inferior	Semiárido inferior
La Maroma (SLP)	2112	350.9	419	1.66	Mesotropical inferior	Semiárido superior
Dr. Arroyo (NL)	2296	516.6	455	2.35	Mesotropical inferior	Seco inferior
Matehuala (SLP)	2316	486.2	468	2.10	Mesotropical inferior	Seco inferior
Mier y Noriega (NL)	2364	514	484	2.17	Mesotropical inferior	Seco inferior
Sta. Ana (NL)	2340	365.1	495	1.56	Mesotropical inferior	Semiárido superior
El Carmen (SLP)	2472	364	498	1,47	Termotropical superior	Semiárido inferior
Palo Blanco (SLP)	2376	294.5	499	1.24	Termotropical superior	Semiárido inferior
Tula (Tamps)	2412	409	501	1.69	Termotropical superior	Semiárido superior
El Huizache (SLP)	2486	377.6	529	1.51	Termotropical superior	Semiárido superior

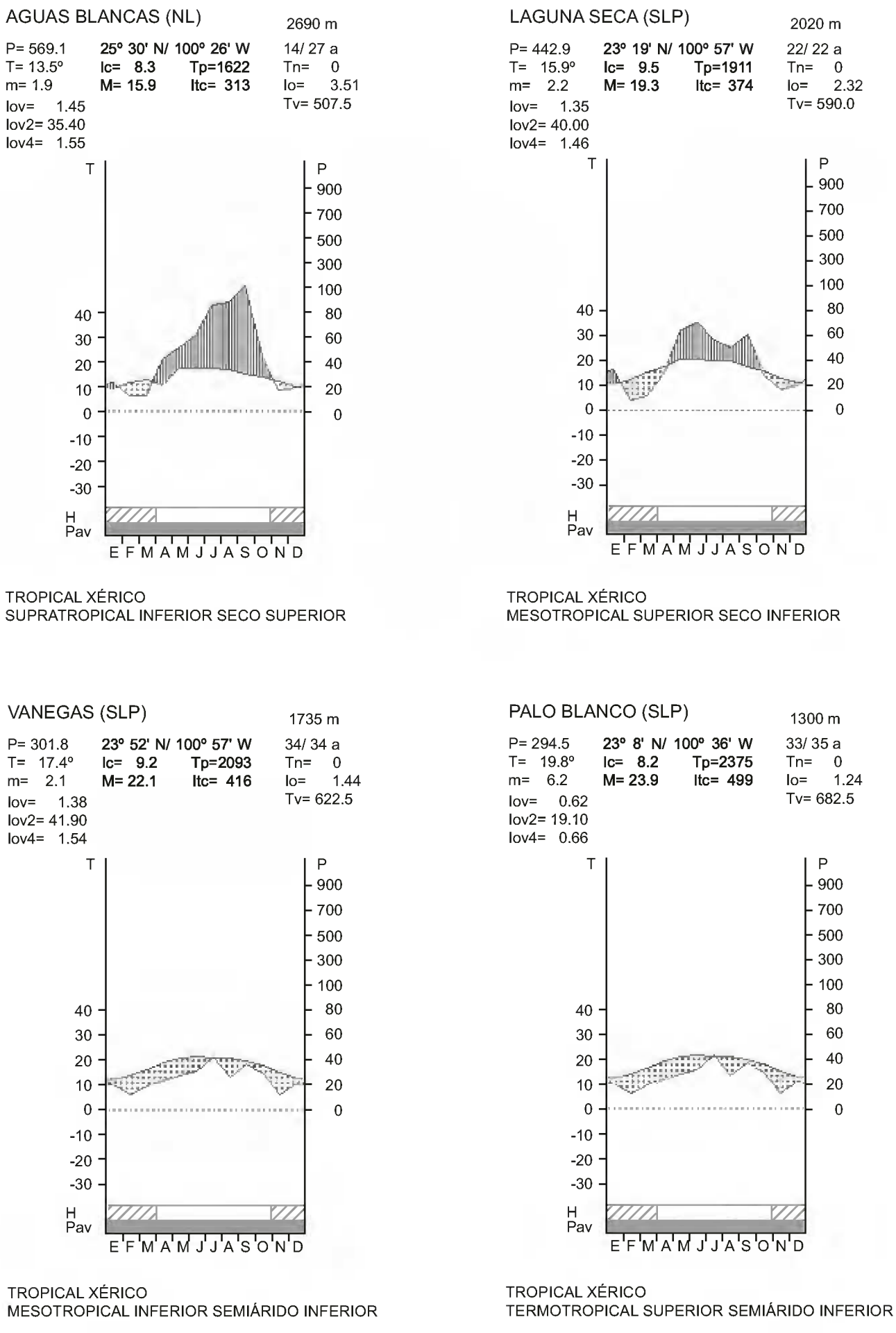

Fig. 2. Diagramas bioclimáticos de las estaciones de Aguas Blancas, Laguna Seca, Vanegas y Palo Blanco.

Dentro del macrobioclima Tropical se reconoce como bioclima predominante el Tropical Xérico (1.0 < Io <3.6); en áreas puntuales de las zonas altas (piso Supratropical) de la vertiente oriental de la Sierra asociada a los enclaves más húmedos, y por tanto con bosques más altos (mesobosques), se presenta asimismo el Tropical Pluviestacional (Io>3.6). Debido a la ausencia de estaciones en las zonas medias y altas de la Sierra se ha recurrido al cálculo teórico de los valores termoclimáticos, de acuerdo con las extrapolaciones dadas para el macrobioclima Tropical por Rivas-Martínez (2007) y que, para cada cien metros de aumento de la altitud suponen los siguientes incrementos: T: 0.6 ºC; M: 0.5 ºC; It: 13 unidades. Como resultado de aplicar dichas extrapolaciones en el territorio se han identificado los termotipos y horizontes presentes, así como sus correspondientes intervalos altitudinales (Cuadro 3).

Cuadro 3. A-Termotipos, horizontes, intervalos del It e intervalos altitudinales. B-Ombrotipos, horizontes e intervalos del Io.

A

Piso	Horizonte	Intervalo (It)	Intervalo altitudinal (m)
Termotropical	Superior	490-610	<1450
Mesotropical	Inferior	405-490	1450-1950
Mesotropical	Superior	320-405	1950-2450
Supratropical	Inferior	240-320	2450-2850
Supratropical	Superior	160-240	2850-3250

B

Ombrotipo	Horizonte	Intervalo Io
Semiárido	Inferior	1.1-1.5
Semiárido	Superior	1.6-2
Seco	Inferior	2.1-2.8
Seco	Superior	2.9-3.6
Subhúmedo	Inferior	3.7-4.9

Entre los termotipos, el Mesotropical es el más extendido en la región, donde ocupa la mayoría de las llanuras, piedemontes y laderas inferiores de la Sierra; el Supratropical se distribuye por las laderas y cumbres, mientras que el Termotropical se restringe a las áreas más bajas de la llanura situada al sur y sureste de Matehuala, asociado a las zonas deprimidas de los bolsones endorreicos.

En cuanto a los ombrotipos reconocidos (Cuadro 3), es el Semiárido el más representativo, seguido del Seco; el primero ocupa las planicies que bordean la Sierra, a excepción de algunos enclaves de la llanura oriental más lluviosos que se corresponden con el ombrotipo Seco; éste domina además las laderas y barrancas de las zonas medias y altas de la Sierra con orientación este o sureste y por tanto beneficiadas por la mayor incidencia de los alisios. En ciertos enclaves de las exposiciones anteriores favorecidos por la topografía, se presenta el ombrotipo subhúmedo, atendiendo al porte que presentan los árboles y a los valores ómbricos que arrojan estaciones situadas en ambientes análogos de territorios circundantes.

La combinación de los termotipos y ombrotipos reconocidos tiene su reflejo en la distribución altitudinal de los pisos de vegetación; a partir de esta consideración se ha procedido a la diagnosis de las distintas comunidades que constituyen la vegetación potencial en cada piso, haciendo especial hincapié en su caracterización bioclimática y florística y en sus requerimientos ecológicos. Para respaldar el análisis florístico de cada situación se presenta, a modo comparativo, una tabla sintética de las fitocenosis consideradas con las correspondientes especies diagnósticas (Anexo 2). A partir los datos obtenidos de la distribución altitudinal de las especies registradas en los inventarios, se han seleccionado los bioindicadores que caracterizan más fielmente los termotipos representados (Anexo 3).

El levantamiento de nuevos inventarios que se está realizando en otras zonas aledañas del altiplano potosino-zacatecano permitirá abordar la diagnosis fitosociológica y biogeográfica conducente al desarrollo de la propuesta sintaxonómica incluida en las clases dominantes en el paisaje vegetal del altiplano, la *Prosopido torreyanae-Fouquierietea splendentis* (Rivas-Martínez, 1997) y la *Querco hypoleucoidis-Pinetea cembroidis* (Inedit.).

Piso Supratropical

Este piso se distribuye por las partes medias y altas de la Sierra sobre la cota de 2450 m. El horizonte superior está restringido a las penillanuras y laderas asociadas a las cumbres de la Sierra, por encima de los 2850 m; en estas situaciones los ombrotipos que se presentan son el Seco inferior, hacia el norte, y el Seco superior en la porción meridional más húmeda. En ambos casos la vegetación climatófila reconocida está conformada por los encinares de la comunidad de *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*. En el horizonte inferior, más ampliamente representado, están presentes dos tipos de bosques con distintos requerimientos ómbricos: los pinares de la comunidad de *Quercus pringlei-Pinus cembroides*,

ligados al ombrotipo Seco inferior, y los encinares de la comunidad *Quercus mexicana-Quercus laeta*, de ombrotipo Seco superior.

Comunidad de *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*: Microbosque esclerófilo y subperennifolio conformado por micro y nanofanerófitos dispuestos de forma enmarañada y densa en un estrato arbustivo-arborescente; fisionómicamente están dominados por el chaparro prieto (*Quercus greggii*) y el encino chino (*Q. hintoniorum*) al que se incorporan *Arbutus xalapensis*, *Comarosthaphylis polifolia, Q. pringlei, Q. striatula* y elementos herbáceos como *Carex schiedeana, Eupatorium scorodonioides* y *Piptochaetium fimbriatum.* Su distribución altitudinal oscila entre los 2600 m y los 3200 m ocupando posiciones de cima y ladera convexa sobre suelos poco profundos. Dicha franja altitudinal se corresponde mayoritariamente con el horizonte Supratropical superior; el ombrotipo correspondiente es el Seco. En las posiciones más umbrías y expuestas a los alisios -ombrotipo probablemente subhúmedo- la talla de los encinos se incrementa y se incorpora a la comunidad el ciprés de Arizona (*Cupressus arizonica*), llegando a codominar fisionómicamente con aquellos; esta situación permite diferenciar una variante de *C. arizonica* vinculada a dichas condiciones; en estos enclaves no parece que el sustrato sea determinante en la aparición de dicho taxon.

La destrucción o alteración de la comunidad por deforestación, fuego y/o sobrepastoreo, trae consigo la disminución o desaparición de las especies características, dando paso a un chaparral ralo y enmarañado dominado por el encino chamizo *Quercus striatula* y al que suelen acompañar *Agave gentryi* y *Piptochaetium fimbriatum.* A medida que se desciende en altitud estos bosques tienden a ser sustituidos por representantes de las comunidades de *Quercus pringlei-Pinus cembroides* y de *Quercus mexicana-Quercus laeta,* cuya prevalencia territorial depende de la cuantía de las precipitaciones.

Comunidad de *Quercus pringlei-Pinus cembroides*: Micro-mesobosque semicerrado dominado por el pino piñonero (*Pinus cembroides*) al que acompañan formando parte del sotobosque micro y nanofanerófitos como *Ceanothus greggii, Comarostaphylis polifolia, Eupatorium scorodonioides, Lindleya mespiloides, Ptelea trifoliata, Quercus pringlei*, *Sophora secundiflora* y *Yucca carnerosana.* Constituye la vegetación climatófila desarrollada sobre laderas calizas en la franja comprendida entre los 2200 m y los 2800 m, correspondiente con los termotipos Supratropical inferior y Mesotropical superior; en el primer caso el ombrotipo es el Seco inferior, y en el segundo es el Semiárido superior. Los aclareos efectuados en la comunidad

para obtención de leña y madera provocan la aparición de elementos rosulados y micrófilos procedentes de las comunidades del matorral xerófilo vecino con el que colinda en las cotas más bajas.

Comunidad de *Quercus mexicana-Quercus laeta*: Micro (meso) bosque esclerófilo y subperennifolio presidido por el encino colorado (*Quercus laeta*) y el encino mexicano (*Quercus mexicana*). Bajo su dosel se desarrolla un estrato arbustivo abierto con presencia de *Amelanchier denticulada, Comarostaphylis polifolia, Lindleya mespiloides, Quercus pringlei, Q. eduardi* y *Rhus pachyrrhachis*, y otro herbáceo en el que destacan *Aristida adscensionis, A. divaricata, Bouteloua curtipendula, Brickellia veronicifolia, Piptochaetium fimbriatum* y *Pithecellobium elastichophyllum*. Altitudinalmente se distribuye entre los 2000 y los 2600 m en la vertiente oriental de la Sierra. Esta posición se corresponde con los horizontes Supratropical inferior y Mesotropical superior; en ambas situaciones el ombrotipo correspondiente es el Seco.

En el seno de la comunidad se reconoce una variante umbrófila ligada a las barrancas más elevadas y húmedas de dicha franja altitudinal (ombrotipo probablemente subhúmedo) con presencia notable de especies nemorales como *Carex schiedeana, Discocrania disciflora, Litsea glaucescens* o *Quercus hintoniorum,* y de individuos arbóreos que sobrepasan los 15 m de altura, situación que se ha identificado como una variante de *Discocrania disciflora.*

Piso Mesotropical

Abarca la mayor parte de las planicies que bordean la Sierra así como sus piedemontes y laderas anexas. Comprende la franja altitudinal situada entre los 1450 m y los 2450 m., en la cual están representados los horizontes superior e inferior. Los ombrotipos reconocidos se corresponden con el Seco inferior, presente en los piedemontes y laderas del sur y el este de la Sierra y el Semiárido, dominante en buena parte de las planicies. Bajo condiciones ómbricas favorables (ombrotipos Seco y puntualmente Semiárido superior) aparecen, en el horizonte superior de este piso, representaciones de los bosques de las comunidades de *Quercus mexicana-Quercus laeta* y de *Quercus pringlei-Pinus cembroides.* En el resto del territorio adscrito a este piso la vegetación potencial está constituida por las siguientes comunidades:

Comunidad de *Echinocactus platyacanthus-Gochnatia hypoleuca*: Microbosque subperennifolio integrado por nano y microfanerófitos tanto micrófilos como

suculentos y doliformes, y caméfitos rosulados y sufruticosos. Como elementos más representativos están: *Fraxinus greggii, Karwinskia mollis, Brickelia veronicifolia, Salvia ballotifolia, Opuntia stenopetala, Agave lechuguilla, Agave striata* var. *striata* y *Ferocactus pilosus.* Se presenta sobre lomeríos, laderas y piedemontes calizos del tercio oriental de la región estudiada, incluyendo la vertiente este de la Sierra. La franja altitudinal que ocupa está comprendida entre los 1700 y los 2000 m, correspondiendo mayoritariamente con el horizonte inferior del piso Mesotropical de ombrotipo Semiárido superior.

Comunidad de *Eupatorium espinosarum-Juniperus erythrocarpa*: Microbosque dominado por el táscate de Coahuila (*Juniperus erythrocarpa*) al que acompañan micro y nano-fanerófitos entremezclados en el estrato dominante o dispuestos en el sotobosque, entre los que destacan *Berberis trifoliolata, Chaptalia seemannii, Eupatorium espinosarum, Quercus eduardi, Rhus pachyrrhachis* y *Sophora secundiflora.* Frecuentemente esta comunidad forma manchas discontinuas dejando espacios abiertos que son ocupados por zacates como *Bouteloua curtipendula, B. hirsuta*, *B. gracilis, Lycurus phleoides* y *Stipa eminens,* y nanofanerófitos y caméfitos suculentos, micrófilos o rosulados como *Agave asperrima*, *A. lechuguilla, Brickellia veronicifolia*, *Jatropha dioica, Mimosa aculeaticarpa, M. biuncifera* y *Opuntia stenopetala,* entre otras.

La comunidad se localiza preferentemente en ciertos enclaves del oriente de la Sierra asociados a depósitos coluviales de naturaleza caliza situados en los piedemontes y bajadas cóncavas de pendientes suaves. Altitudinalmente se distribuye entre los 1800 y 2300 m, intervalo que se corresponde con el horizonte superior del piso Mesotropical y puntualmente con el horizonte inferior; el ombrotipo con el que se relaciona es el Seco inferior.

Comunidad de *Yucca filifera-Prosopis laevigata*: Microbosque espinoso dominado por el mezquite (*Prosopis laevigata*) y otros arbustos micrófilos o suculentos (*Celtis pallida, Citharexylum brachyanthum, Forestiera angustifolia, Flourensia cernua, Koeberlinia spinosa, Larrea tridentata, Opuntia engelmannii, O. imbricada* y *Rhus microphylla*). Como elementos caulirrosulados emergentes se intercalan el izote loco (*Yucca filifera*) y la palma ixtlera (*Y. carnerosana*). Se distribuye a lo largo de los bolsones, bajadas y abanicos aluviales con pendientes nulas o muy ligeras, sobre suelos de escasa pedregosidad de tipo xerosol. Ocupa la franja altitudinal comprendida entre los 1200 y los 2000 m, siempre sobre sustratos que presenten las anteriores condiciones. Dicha banda se corresponde con los

horizontes Mesotropical inferior y Termotropical superior; en ambas situaciones el ombrotipo es Semiárido.

Ligada a situaciones de mayor pedregosidad y pendiente se incorporan especies como *Hechtia glomerata, Echinocactus platyacanthus, Agave lechuguilla, Salvia ballotiflora, Mimosa aculeaticarpa* o *Euphorbia antisiphylitica*, entre otras. Por lo general ello conlleva a que las especies típicas de la comunidad se presenten con una menor cobertura o incluso desaparezcan en algunos casos. Esta situación se ha identificado como subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus*, cuya diagnosis boiclimática es semejante a la de la comunidad. Por último, y también en su seno, se reconoce una situación presente al occidente y septentrión de la Sierra bajo ombroclima Semiárido inferior; viene caracterizada por la incorporación de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* y, en menor medida, *Fouquieria splendens*, y por la desaparición casi total de *Celtis pallida* y *Prosopis laevigata*. Esta particularidad se ha identificado como variante de *Prosopis glandulosa.*

Comunidad de *Opuntia streptacantha-Opuntia leucotricha*: Arbusteda -nopalera- dominada por nano y microfanerófitos suculentos de tallos articulados (*Opuntia* sp. div.), y por otros frútices ocasionalmente espinosos y de bajo porte. Como especies más representativas de la comunidad destacan *Acacia schaffneri, Dalea tuberculata, Forestiera angustifolia, Jatropha dioica, Mimosa aculeaticarpa, Opuntia leucotricha, O. streptacantha* y *O. engelmannii*; esporádicamente emergen individuos de *Prosopis laevigata, Yucca carnerosana* y *Y. filifera*. El estrato inferior está conformado por distintos zacates como *Bouteloua gacilis, B. curtipendula* y herbáceas como *Castilleja mexicana, Ipomoea purpurea, Tragia ramosa* y *Zaluzania triloba.*

La comunidad se presenta confinada en las mesas, edificios y laderas de origen volcánico que salpican el sur de la zona de estudio y en donde puntualmente se incorporan depósitos coluviales calizos. Estos enclaves suelen tener pendientes irregulares y escalonadas de hasta 40%, o bien disponerse en superficies casi planas; en cualquier caso originan suelos poco evolucionados, de tipo leptosol o regosol. Su distribución altitudinal está comprendida entre los 1700 y los 2200 m, correspondiéndose con el piso Mesotropical de ombrotipo Semiárido.

Piso Termotropical

Se distribuye a lo largo de las laderas y bajíos situados al sur de Matehuala por debajo de la cota de los 1450 m aproximadamente, en donde únicamente se

reconoce el horizonte superior; en las tierras bajas de la vecina Huasteca tamaulipeca es donde se presenta el horizonte Termotropical inferior (G. Azcárate et al. 1999). Los ombrotipos representados son el Semiárido superior y el Seco inferior, en función de la exposición particular del territorio a los vientos alisios. En este contexto bioclimático la estructura de la vegetación climatófila se corresponde con micro-meso bosques dominados por elementos micrófilos y caulirrosulados. Por la extensión que ocupa, la comunidad más representativa de este piso es la *Yucca filifera-Prosopis laevigata* descrita anteriormente. Las otras agrupaciones reconocidas son:

Subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus-Helietta parvifolia*: Constituye una arbusteda semejante a la comentada más atrás y en la que se incorporan un paquete de plantas termófilas diferenciales de la subcomunidad; *Helietta parvifolia* es su elemento más conspicuo. El resto de las especies diferenciales que la acompañan son: *Agave striata*, *Acacia berlandieri, Bauhinia uniflora, Dasyliron longissimum*; paralelamente la presencia de *Gochnatia hypoleuca* tiende a reducirse notablemente. Se localiza preferentemente sobre laderas calizas situadas aproximadamente por debajo de la cota de los 1600 m. Bioclimáticamente se distribuye en los horizontes Termotropical superior y Mesotropical inferior. En ambas situaciones el ombrotipo correspondiente oscila entre el Semiárido superior y el Seco inferior.

Comunidad de *Lycium berlandieri-Celtis reticulata*: Micro-mesobosque de carácter freatófilo dominado por el palo blanco (*Celtis reticulata*), el mezquite (*Prosopis laevigata*) y por arbustos micrófilos como *Acacia farnesiana, Aloysia lycioides, Celtis pallida, Condalia mexicana, Ephedra pedunculata, Lycium berlandieri, Maytenus phyllanthoides, Prosopis glandulosa* var. *torreyana* y *Rhus microphylla*. Su dependencia por el agua subterránea hace que esté ligada a playas, hoyas, arroyos temporales u ojos de agua donde ésta rezuma cuando hay sobrecarga del acuífero. Actualmente la comunidad conforma bosquetes discontinuos y aclarados dispuestos en mosaicos junto a pastizales gipsófilos y matorrales degradados. Estos parches constituyen retazos de lo que antaño debía ser una masa forestal continuada a lo largo de dichas planicies. En el territorio ocupa una estrecha banda altitudinal comprendida entre los 1200 y los 1450 m; esta franja se corresponde con el horizonte superior del piso Termotropical, con ombrotipo Semiárido superior.

CONCLUSIONES

El análisis de la composición y distribución de las comunidades que constituyen los distintos tipos de vegetación potencial, junto con la diagnosis bioclimática del territorio, ha permitido establecer el modelo catenal de pisos de vegetación. Diversos aspectos de carácter geomorfológico, edáfico y de exposición matizan y ajustan las delimitaciones establecidas en dicho modelo de vegetación; en este sentido, fueron de especial relevancia los aspectos relacionados con la naturaleza del sustrato, el tipo de relieve y la incidencia de los alisios. Para respaldar gráficamente lo aquí planteado se presentan dos catenas que reflejan la distribución de los diferentes tipos de vegetación potencial identificados, los cuales se corresponden con las comunidades anteriormente descritas (Figs. 3 y 4).

Se han reconocido, dentro del macrobioclima Tropical, los bioclimas Tropical Xérico y Tropical Pluviestacional. El primero es el de más amplia distribución; en él se han identificado los termotipos Termotropical, Mesotropical y Supratropical, y los ombrotipos Semiárido y Seco. Por el contrario el bioclima Tropical Pluviestacional se limita a enclaves topográficamente favorecidos donde los alisios del este descargan las mayores precipitaciones en la vertiente oriental de la Sierra; esta situación se corresponde con el piso bioclimático Supratropical subhúmedo.

Como respuesta a las distintas combinaciones establecidas entre termotipos y ombrotipos, la vegetación potencial se organiza en diferentes tipos estructurales de mesobosques, microbosques, nanobosques (o altifruticedas) y mesofruticedas con emergentes, siguiendo una tendencia decreciente del índice ombrotérmico. Los primeros se localizan en el piso Supratropical bajo las condiciones climáticas anteriormente comentadas; se corresponden con la agrupación forestal *Quercus mexicana-Quercus laeta*. El resto de las comunidades arbóreas reconocidas en dicho piso se relacionan estructuralmente con los microbosques *Quercus pringlei-Pinus cembroides,* y *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*. Un caso excepcional incluido dentro de los bosques es la comunidad de *Lycium berlandieri-Celtis reticulata*; la explotación del agua freática por parte de los elementos arbóreos hace que el porte y la biomasa de la vegetación no se corresponda con lo esperado desde el punto de vista bioclimático. Lo mismo sucede con algunos inventarios relacionados con la de *Yucca filifera-Prosopis laevigata* donde los mezquites pueden alcanzar tamaños notables debido a lo accesible del agua subterránea.

Las arbustedas arborescentes se localizan en el piso Mesotropical (y puntualmente Termotropical) ocupando, desde el punto de vista estructural y bioclimático, una posición intermedia entre los microbosques y los matorrales. En función de sus

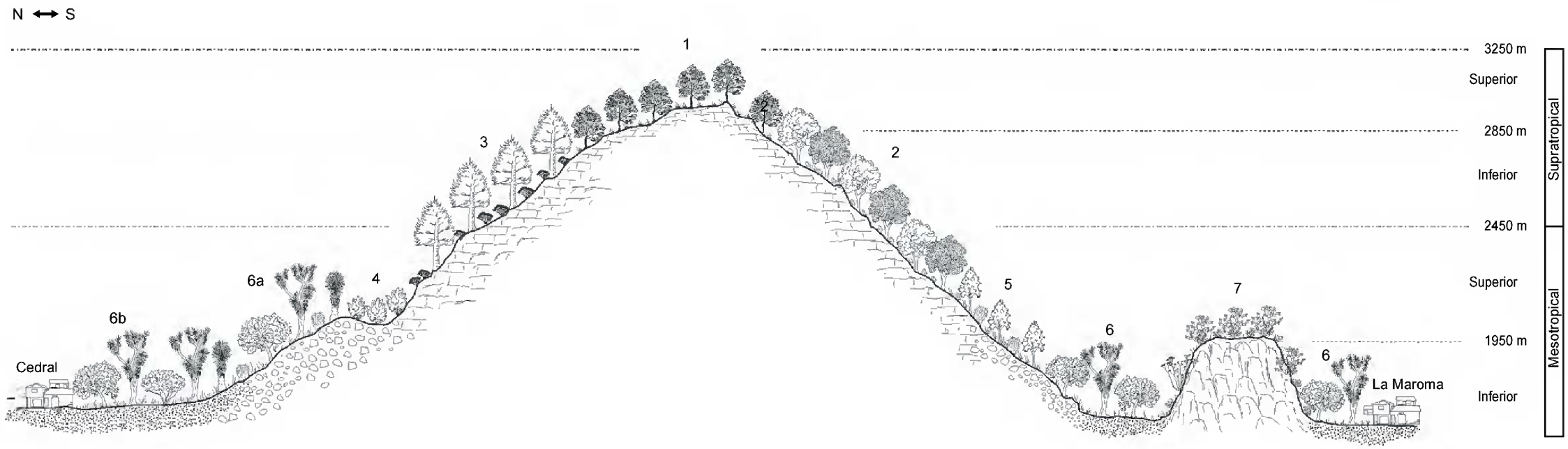

Fig. 4. Catena de vegetación y pisos bioclimáticos a lo largo del transecto N-S por el área de estudio. 1. Comunidad de *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*. 1a. Variante de *Cupressus arizonica*. 2. Comunidad de *Quercus mexicana-Quercus laeta*. 3. Comunidad de *Quercus pringlei-Pinus cembroides*. 4. Comunidad de *Eupatorium espinosarum-Juniperus erythrocarpa*. 5. Comunidad de *Echinocactus platyacanthus-Gochnatia hypoleuca*. 5a. Subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus-Helietta parvifolia*. 6. Comunidad de *Yucca filifera-Prosopis laevigata*. 6a. Subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus*. 6b. Variante de *Prosopis glandulosa*. 7. Comunidad de *Opuntia streptacantha-Opuntia leucotricha*.

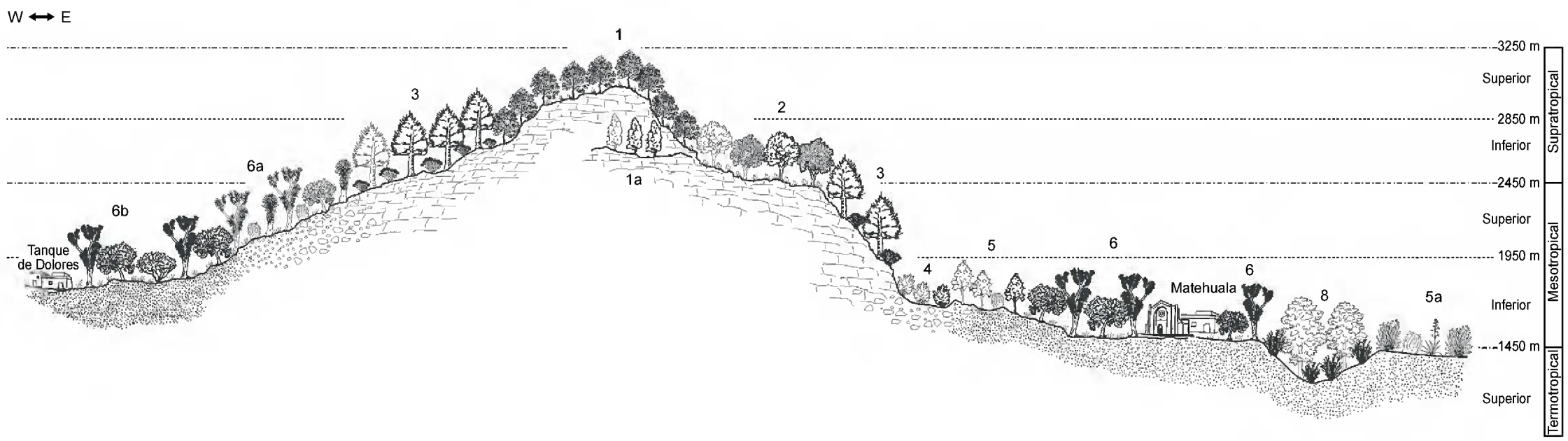

Fig. 3. Catena de vegetación y pisos bioclimáticos a lo largo del transecto O-E por el área de estudio. 1. Comunidad de *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*. 1a. Variante de *Cupressus arizonica*. 2. Comunidad de *Quercus mexicana-Quercus laeta*. 3. Comunidad de *Quercus pringlei-Pinus cembroides*. 4. Comunidad de *Eupatorium espinosarum-Juniperus erythrocarpa*. 5. Comunidad de *Echinocactus platyacanthus-Gochnatia hypoleuca*. 5a. Subcomunidad de *Helietta parvifolia*. 6. Comunidad de *Yucca filifera-Prosopis laevigata*. 6a. Subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus*. 6b. Variante de *Prosopis glandulosa*. 8. Comunidad de *Lycium berlandieri-Celtis reticulata*.

requerimientos ecológicos y bioclimáticos, y de su composición florística, se han identificado las agrupaciones *Echinocactus platyacanthus-Gochnatia hypoleuca*, *Eupatorium espinosarum-Juniperus erythrocarpae* y la subcomunidad de *Helietta parvifolia* vinculada a la primera. Otras comunidades arbustivas con emergentes, de un menor requerimiento ómbrico y de menor biomasa que las anteriores, son las reconocidas como *Opuntia streptacantha-Opuntia leucotricha*, de óptimo Mesotropical, y *Yucca filifera-Prosopis laevigata* con distribución tanto Meso como Termotropical.

Finalmente, hay que resaltar la importancia del planteamiento aquí presentado de cara a activar políticas y proyectos relacionados con la restauración de la cubierta vegetal. Por muchos años la Sierra de Catorce, y en particular sus bosques y arbustedas, se han visto afectados por la actividad minera y ganadera, quedando de manifiesto notables procesos de degradación de la vegetación y los suelos. Su reversión es tarea pendiente que unos y otros desde distintos ámbitos debemos promover y desarrollar. Por otro lado, las bondades de trabajos como este han probado ser la base para vincular de manera rigurosa estudios de vegetación con esquemas de manejo y ordenamiento territorial a la luz de los cambios por el calentamiento global y otros temas de relevancia ambiental.

AGRADECIMIENTOS

A José García Pérez, encargado del Herbario del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por brindarnos su experiencia y opinión en la determinación de las colectas. Conservación Humana, Asociación Civil nos proporcionó apoyo logístico y financiero durante los trabajos de campo. A la Dirección General de Educación Tecnológica e Industrial (Secretaría de Educación Pública) y a la Universidad de Santiago de Compostela por el apoyo y las facilidades otorgadas durante los trabajos de campo y gabinete. A dos árbitros anónimos por sus valiosos comentarios y sugerencias.

LITERATURA CITADA

Alcaraz, F. 1996. Fitosociología integrada, paisaje y biogeografía. In: Loidi, J. (ed.). Avances en Fitosociología. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Zarautz. pp. 59-94.

Alcaraz, F. 2006. Programa BIOCLIMA. Universidad de Murcia.

Almeida, L., J. G. Azcárate, A. M. Cleef y A. González Trápaga. 2004. Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatépetl y Nevado de Toluca, región central de México. Phytocoen. 34(1): 91-132.

Amigo, J. y R. Ramírez. 1998. A bioclimatic classification of Chile: Woodland communities in the temperate zone. Plant Ecol. 136: 6-26.

Anónimo. 2001. Anuario estadístico del estado de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes.

Anónimo. 2002. Síntesis geográfica del estado de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía y Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Aguascalientes. 112 pp.

Anónimo. 2006. Extractor rápido de información climatológica. ERIC III. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-IMTA-.

Aubréville, A. 1962. Temas fitogeográficos. 1 Clasificación fisionómica y florística de las formaciones vegetales tropicales. 2 Clasificación ecológica de las formaciones vegetales tropicales. 3 Clasificación de las principales formaciones vegetales de México. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables Asociación Civil. México, D.F. 64 pp.

Barber, A., J. Tun y M. Crespo. 2001. A new approach on the bioclimatology and potential vegetation of the Yucatán Peninsula (México). Phytocoen. 31(1): 1-31.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume. Madrid. 820 pp.

Correll, D. S. y M. C. Johnston. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Reseach Fondation. Renner. 1881 pp.

Costa, M., A. Cegarra, L. Lugo, J. Lozada, J. Guevara y P. Soriano. 2007. The bioclimatic belts of the Venezuelan Andes in the state of Merida. Phytocoen. 37(3-4): 711-738.

Delgadillo, J. 1995. Introducción al conocimiento bioclimático, fitogeográfico y fitosociológico del suroeste de Norteamérica (Estados Unidos y México). Memoria Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid. 566 pp.

Escamilla, M., J. G. Azcárate, L. Vázquez y L. Almeida. 1998. La vegetación de la alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, México, y su relación con el medio. Resúmenes del VII Congreso Latinoamericano de Botánica. México D.F.

Escamilla, M., L. Almeida y J. G. Azcárate. 2002. Las comunidades tropoalpinas del volcán Popocatépetl, y su relación con el medio. In: Gómez, F. y J. Mota (eds.). Vegetación y cambios climáticos. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería. Almería. pp. 71-84.

Galán de Mera, A, A. González y C. Cáceres. 2003. La vegetación de la alta montaña andina del sur del Perú. Acta Bot. Malacitana 28: 121-147.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros nº 6. México, D.F. 90 pp.

García, E., R. Vidal, y M. E. Hernández. 1990. Regiones climáticas. Climas. IV.4.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:16.000.000. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Géhu, J. M. 1991. L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. Coll. Phytosociol. 17: 11-46.

Géhu, J. M. y S. Rivas-Martínez. 1982. Notions fondamentales de phytosociologie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. Syntaxonomia 5-33.

G. Azcárate, J., M. Escamilla y A. Velázquez. 1997. Fitosociología y sucesión en el volcán Paricutín (Michoacán, México). Caldasia 19(3): 487-505.

G. Azcárate, J. y M. Escamilla. 1999. Las comunidades edafoxerófilas (enebrales y zacatonales) en las montañas del centro de México. Phytocoen. 29(4): 449-468.

G. Azcárate, J., S. Rivas-Martínez y A. Penas. 1999. Mapa bioclimático de México. 42 Annual Symposium of de IAVS. Bilbao.

G. Azcárate, J., I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (Estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución. Lazaroa 24: 87-111.

González Costilla, O. 2006. Relación entre bioclima y vegetación en la Sierra de Catorce y territorios adyacentes (Altiplano norte del estado de San Luis Potosí, México). Memoria Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 321 pp.

González Costilla, O., J. G. Azcárate, J. García y R. Aguirre. 2007. Flórula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes. Acta Bot. Mex. 78: 1-38.

González Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 77 pp.

González Quintero, L. 1974. Tipos de vegetación de México. In: Lorenzo, J. L. (ed.). El escenario geográfico de México, panorama histórico y cultural II: Secretaría de Educación Pública e Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp. 109-218.

Henrickson, J. y M. C. Johnston. 2004. (manuscripts) A flora of the Chihuahuan Desert Region. The University of Texas. Austin, Texas.

Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. In: Köppen, W. & R. Geider (eds.). Handbuch der Klimatologie. Band I, Teil C. Gebrüder Bornträger. Berlín. 44 pp.

Luebert, F. y P. Pliscoff. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 316 pp.

Medellín, F. 1982. The Chihuahuan Desert. In: Bender, G. L. (ed.). Reference handbook on the deserts of North America. Greenwood Press. West Port. pp. 321-381.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.

Morafka, D. J. 1977. A biogeographycal analysis of the Chihuahuan Desert through its herpetofauna. Biogeografica 9: 1-320.

Navarro, G. y M. Maldonado. 2002. Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión. Cochabamba. 719 pp.

Peinado, M., F. Alcaraz, J. L. Aguirre y J. Álvarez. 1994a. Vegetation formations and associations of the zonobiomes along the North American Pacific coast. Vegetatio 114: 123-135.

Peinado, M., C. Bartolomé, J. Delgadillo e I. Aguado. 1994b. Pisos de vegetación de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Acta Bot. Mex. 29: 1-30.

Peinado, M., F. Alcaraz, J. L. Aguirre y J. Delgadillo. 1997. Phytosociological, bioclimatic and biogeographical classification of woody climax communities of western North America. Jour. Veg. Sci. 8: 505-528.

Raisz, E. 1959. Landforms of México. Escale 1: 3000.000. Map prepared for the Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge, Massachussetts.

Rivas-Martínez, S. 1976. Sinfitosociología, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal. Anal. Inst. Bot. Cavanilles 33: 179-188.

Rivas-Martínez, S. 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400,000. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto de Conservación de la Naturaleza (Serie Técnica). Madrid. 268 pp.

Rivas-Martínez, S. 1994. Dynamic-zonal phytosociology as landscape science. Phytocoen. 24: 23-25.

Rivas-Martínez, S. 1997. Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, I (Compendio sintaxonómico de la vegetación natural potencial de Norteamérica, I). Itinera Geobot. 10: 5-148.

Rivas-Martínez, S. 2004. Sinopsis biogeográfica, bioclimática y vegetacional de América del Norte. Fitosociol. 41(1) suppl. 2: 19-52.

Rivas-Martínez, S. 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte I. Itinera Geobot. 17: 5-436.

Rivas-Martínez, S., D. Sánchez-Mata y M. Costa. 1999. North American boreal and western temperate forest vegetation (Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II). Itinera Geobot. 12: 5-316.

Roig, F., E. Abraham y E. Méndez. 2007. Vegetation belts, cold and soil freezing in the Central Andes of Mendoza, Argentina. Phytocoen. 37(1): 99-114.

Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Divisiones florísticas en: Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas). IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 8.000.000. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Theurillat, J. P. 1992. L´analyse du paisage végétal en symphytosociologie: ses niveaux et leur domains spatiaux. Bull. Ecol. 23(1-2): 83-92.

Villarreal, J. A. 2001. Flora de Coahuila (Listados Florísticos de México. XXIII). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 138 pp.

Westhoff, V. y Maarel E. van der. 1980. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R. H. (ed.). Classification of plant communities. Dr. W. Junk bv Publishers. La Haya. pp. 287-399.

Recibido en febrero de 2009.

Aceptado en octubre de 2010.

ANEXO 1

Glosario de términos usados en el escrito.

Arbusteda. Comunidad vegetal estructurada por arbustos o frútices; se puede denominar también fruticeda o matorral.

Asociación. Tipo de comunidad vegetal que posee unas peculiares cualidades florísticas (especies características y diferenciales), ecológicas, biogeográficas, dinámicas e históricas. A su conocimiento se llega mediante el estudio comparativo de los individuos de asociación (inventarios o relevés).

Bioclima. Cada uno de los tipos de clima que se pueden reconocer en función de los valores umbrales del conjunto de factores climáticos, parámetros e índices bioclimáticos, que influyen en el desarrollo y distribución de las especies y comunidades vegetales en la Tierra. En el sistema de clasificación bioclimática empleado el bioclima representa la unidad básica de referencia tipológica, debajo de la de mayor rango que es el macrobioclima. Formalmente, se reconocen 5 macrobioclimas (Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar) y 28 bioclimas. Para el macrobioclima Tropical se reconocen 5 bioclimas: Pluvial, Pluviestacional, Xérico, Desértico e Hiperdesértico. Cada uno de ellos posee formaciones vegetales, biomas, biocenosis y comunidades vegetales propias.

Bioclimatología. Ciencia geobotánica que estudia la reciprocidad entre el clima y la distribución de los seres vivos y de sus comunidades en la Tierra. Esta disciplina comenzó a estructurarse a partir de la relación de los valores numéricos del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y las formaciones vegetales, para añadir más adelante información de las biogeocenosis y conocimientos procedentes de la fitosociología dinámico-catenal, es decir, de las series, geoseries y geopermaseries de vegetación. El fin último es el de disponer de una clasificación bioclimática de la Tierra que tenga jurisdicción en toda la geobiosfera, fácilmente cuantificable, que muestre una relación ajustada entre los componentes vegetacionales y los valores del clima; al tiempo que, habida cuenta el elevado valor predictivo de las unidades bioclimáticas, puedan utilizarse en otras ciencias, en los programas de estudio y conservación de la biodiversidad, así como en la obtención de recursos agrícolas y forestales.

Bosque. Terreno poblado por árboles y las comunidades que originan. Por su tamaño, cuando son maduros, se pueden reconocer: megabosques > 50 m, macrobosques 22-50 m, mesobosques 12-22 m, microbosques 5-12 m y nanobosques o fruticedas arborescentes < 5 m. Según estén separadas o unidas entre si las copas y ramas de los árboles se distingue entre bosques abiertos y bosques cerrados. Por la persistencia o duración de las hojas se distingue entre bosques caducifolios, cuando se desprenden o marchitan al unísono cada año, y bosques perennifolios cuando las hojas duran en el árbol al menos un año completo. En función de su naturalidad o alteración se puede distinguir entre bosques primitivos o vírgenes (nunca explotados por el hombre), los bosques primarios o potenciales (en equilibrio con las condiciones mesológicas actuales) y bosques secundarios o de sustitución (de crecimiento rápido y maderas blandas por sucesión secundaria temporal).

Catena. Conjunto de comunidades vegetales contiguas ordenadas en función de algún factor ecológico cambiante (temperatura, humedad, topografía, etcétera).

Cliserie. Término geobotánico que expresa la zonación o disposición catenal de las comunidades vegetales, determinada por la modificación altitudinal o latitudinal del clima: cliseries altitudinales (alticliseries u orocliseries) y cliseries latitudinales (laticliseries). Su adjetivo es cliserial.

Comunidad vegetal. Conjuntos más o menos homogéneos de plantas pertenecientes a diferentes taxones, que cohabitan en un área o medio determinado; sus dos rasgos básicos son su identidad biotípica o aspecto fisionómico determinado y composición florística peculiar. Sinónimo de fitocenosis.

Fruticeda. Comunidad vegetal estructurada por frútices o arbustos, sobre todo por los de tamaño medio 0.5-2 m (mesofruticedas). Las de pequeño tamaño <0.5 m se pueden denominar microfruticedas y a las de tamaño inferior a 20 cm nanofruticedas. Las comunidades formadas por arbustos de 2-5 m se denominan altifruticedas o fruticedas arborescentes.

Macrobioclima. Unidad tipológica de mayor rango que se reconoce en la clasificación bioclimática. Se trata de modelos biofísicos eclécticos, delimitados por determinados valores latitudinales, climáticos y vegetacionales, que poseen una amplia jurisdicción territorial y que están relacionados con los grandes tipos de climas y de biomas, así como con algunas regiones biogeográficas de la Tierra. Los cinco macrobioclimas son: Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar. En cada uno de ellos, por sus peculiaridades climáticas y vegetacionales, se distinguen unidades subordinadas o bioclimas.

Matorral. En su acepción amplia corresponde a formaciones vegetales constituidas por matas de hasta 3 m de altura. Con frecuencia se utiliza tanto para las comunidades más altas: matorrales altos >2 m (macrofruticedas), como para los matorrales medianos 0.5-2.0 m (mesofruticedas) y para los matorrales pequeños <0.5 m (microfruticedas o nanofruticedas). Algunos prefieren restringir el término matorral a las formaciones de arbustos pequeños o a lo sumo medianos.

Ombroclima. Parte del clima que se refiere a la precipitación líquida o sólida. En la clasificación bioclimática, más que el valor medio de la precipitación medida en pluviómetro, se emplea como expresión del ombrotipo la razón ombroclimática [precipitación positiva / temperatura positiva] que se define como índice ombrotérmico (Io).

Ombrotipo. Categoría relacionadas con determinados valores umbrales del índice ombrotérmico. Los tipos ómbricos que se reconocen son: ultrahiperárido, hiperárido, árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo.

Piso bioclimático. Cada uno de los tipos bioclimáticos condicionados por la altitud o la latitud. Se delimitan en función de los factores termoclimáticos (termotipos, It, Itc, Tp) y ombroclimáticos (ombrotipos, Io). Cada piso bioclimático posee unas determinadas formaciones y comunidades vegetales, lo que ha dado lugar a la expresión pisos de vegetación.

Piso de vegetación. Cada uno de los complejos de comunidades vegetales o series de vegetación que se escalonan en una cliserie actitudinal.

Termófilo. Se dice de plantas y comunidades vegetales que requieren o muestran afinidades por las estaciones o ambientes más cálidos de un territorio. Se opone a psicrófilo.

Termotipo. Categoría térmica del clima que considera distintos parámetros e índices de temperatura. Por conveniencias de nivel global, derivadas de sus peculiaridades climáticas y vegetacionales, se reconoce una secuencia altitudinal o latitudinal de termotipos (termopisos) en cada uno de los macrobioclimas: infra-, termo-, meso-, supra-, oro-, crioro- y gélido. Para una concordancia más afinada con la vegetación, a veces es necesario distinguir en los pisos bioclimáticos la parte inferior y superior de sus intervalos térmicos, que denominamos horizontes bioclimáticos termotípicos.

Vegetación potencial. Vegetación estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión geobotánica progresiva si la influencia atropozoógena dejara de condicionarla.

Zonación altitudinal. Distribución de la vegetación en pisos o cinturas en función de las condiciones cambiantes con la altitud. Es un caso particular del fenómeno catenal. Con el mismo sentido se emplea el término de catena altitudinal, cliserie altitudinal o geosigmetum cliserial.

ANEXO 2

Comunidades representadas en el territorio. En números romanos se expresan las frecuencias de aparición de las especies diagnósticas, resaltadas con fondo gris, con respecto al número de inventarios considerados para cada comunidad. Clases o índices de frecuencia: I: 1-19%; II: 20-39%; III: 40-59%; IV: 60-79%; V: 80-100%). Comunidades: 1. Comunidad de *Quercus hintoniorum-Quercus greggii*. 2. Com. de *Quercus pringlei-Pinus cembroides*. 3. Com. de *Quercus mexicana-Quercus laeta*. 4. Com. de *Eupatorium espinosarum-Juniperus erythrocarpa*. 5. Com. de *Opuntia streptacantha-Opuntia leucotricha*. 6. Com. de *Echinocactus platyacanthus-Gochnatia hypoleuca*. 7. Subcomunidad de *Echinocactus platyacanthus-Helietta parvifolia*. 8. Com. de *Yucca filifera-Prosopis laevigata*. 9. Com. de *Lycium berlandieri-Celtis reticulata*.

Comunidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalo altitudinal (m x 100)	25-31	23-26	21-26	17-20	17-22	17-20	13-16	12-19	13-15
Nº de inventarios considerados	8	7	8	8	9	11	5	12	5
Quercus greggii	V								
Quercus hintoniorum	IV								
Agave gentryi	IV								
Carex schiedeana	IV		II						
Arbutus xalapensis	IV		II						
Ceanothus greggii	II	V							
Pinus cembroides	III	V							
Castilleja tenuiflora		IV							
Lindleya mespiloides		V	II			III		I	
Arctostaphylos pungens		III							
Garrya ovata	II	III							
Quercus pringlei C2	II	V	V						
Comarostaphylis polifolia C2	II	III	III						
Amelanchier denticulata	II	II	IV						
Salvia concolor	II		IV						
Quercus laeta			V						
Quercus mexicana			V						

Continuación. Anexo 2.

Comunidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalo altitudinal (m x 100)	25-31	23-26	21-26	17-20	17-22	17-20	13-16	12-19	13-15
Nº de inventarios considerados	8	7	8	8	9	11	5	12	5
Chaptalia seemannii			V	II					
Quercus diversifolia			IV						
Juniperus erythrocarpa				V		III			
Agave asperrima				IV					
Berberis trifoliolata		IV		V	III				
Eupatorium espinosarum		III		V		IV			
Casimiroa pringlei				III					
Opuntia stenopetala		III		V		V			
Opuntia engelmannii				II	V			V	
Opuntia leucotricha					V				
Dalea tuberculata					V				II
Opuntia streptacantha					V				
Acacia schaffneri					III				
Fraxinus greggii		II				V	V		
Gochnatia hypoleuca			II	II		V	V	I	
Echinocactus platyacanthus						V	III	II	
Hechtia glomerata						III	V	II	
Helietta parvifolia							V		
Bauhinia unifolia							V		
Dasylirion longissimum							III		
Agave striata var *falcata*							III		
Acacia berlandieri							III		
Prosopis laevigata					III			V	II
Koeberlinia spinosa					II			IV	
Larrea tridentata					III			V	III
Parthenium incanum					III			IV	
Lycium berlandieri								IV	V
Celtis pallida					II			II	V

Continuación. Anexo 2.

Comunidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalo altitudinal (m x 100)	25-31	23-26	21-26	17-20	17-22	17-20	13-16	12-19	13-15
Nº de inventarios considerados	8	7	8	8	9	11	5	12	5
Prosopis glandulosa var. *torreyana*								II	V
Rhus microphylla					IV			II	V
Condalia mexicana								I	V
Viguiera dentata								I	IV
Aloysia lycioides					III				V
Celtis reticulata									V
Mimosa constricta									IV
Opuntia lindheimeri									IV
Dicraurus leptocladus									IV

ANEXO 3

Principales indicadores de los termotipos y horizontes reconocidos. Acrónimos: STs: Supratropical superior. STi: Supratropical inferior. MTs: Mesotropical superior. MTi: Mesotropical inferior. TTs: Termotropical superior.

BIOINDICADORES	TERMOTIPOS Y HORIZONTES				
	STs	STi	MTs	MTi	TTs
Quercus greggii	●				
Quercus hintoniorum	●				
Agave gentryi	●				
Carex schiedeana	●	o			
Arbutus xalapensis	●	o			
Garrya ovata	o	●			
Ceanothus greggii	o	●			
Pinus cembroides	o	●			
Salvia concolor	o	●			
Quercus laeta		o	●		
Quercus mexicana		o	●		
Amelanchier denticulata		o	●		
Lindleya mespiloides			●	o	
Chaptalia seemannii			●	o	
Agave striata var. *striata*			o	●	
Parthenium incanum			o	●	
Juniperus erythrocarpa			o	●	
Agave asperrima			o	●	
Acacia schaffneri			o	●	
Opuntia engelmannii			o	●	
Gochnatia hypoleuca			o	●	o
Opuntia leucotricha				●	
Dalea tuberculata				●	
Koeberlinia spinosa				●	
Fraxinus greggii				●	
Hechtia glomerata				●	o

Continuación. Anexo 3.

BIOINDICADORES	TERMOTIPOS Y HORIZONTES				
	STs	STi	MTs	MTi	TTs
Karwinskia humboldtiana				●	o
Prosopis laevigata				●	o
Opuntia streptacantha				●	o
Karwinskia mollis				●	o
Senna wislizeni				●	o
Echinocactus platyacanthus				●	o
Lycium berlandieri				●	●
Celtis pallida				●	●
Citharexylum brachyanthum				●	●
Prosopis glandulosa var. *torreyana*				●	●
Larrea tridentata			o	●	●
Helietta parvifolia				o	●
Bauhinia unifolia				o	●
Acacia berlandieri				o	●
Aloysia lycioides				o	●
Condalia mexicana				o	●
Celtis reticulata					●
Ephedra pedunculata					●
Mimosa constricta					●
Opuntia lindheimeri					●
Dicraurus leptocladus					●
Rivina humilis					●
Acacia farnesiana					●